

Vesa Alhola

ELINKAARIKUSTANNUKSEN OPTIMOINTI TAAJUUSKÄYTÖILLÄ

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2018

ELINKAARIKUSTANNUKSEN OPTIMOINTI TAAJUUSKÄYTÖILLÄ

Alhola, Vesa
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2018
Ohjaaja: Erola, Eero
Sivumäärä: 31
Liitteitä:

Asiasanat: asennus, sähköenergia, taajuusmuuttajat

Opinnäytetyössä toteutettiin kehityspotentiaalia hyödyntävä prosessin muutos. Muutoksessa sopeutettiin nykyinen prosessi hyödyntämään olemassa olevaa prosessiputkisto- ja -konesijoittelua uudella tavalla. Muutoksen myötä voitiin todeta alentunut energian kulutus.

Opinnäytetyössä ratkaistiin taajuuskäyttöjä hyödyntäen pituusleikkurin sijoittelusta suhteessa konepulpperiin ja hylkypulpperiin johtuva tarve sopeuttaa konepulpperin kapasiteettia.

Kapasiteettia muutetaan sopeuttamalla taajuusmuuttajaa hyödyntäen pulpperin sekoittajan roottorin nopeus tarvetta vastaavaksi, sekä vastaavasti ohjaamalla pulpperin pumppausta.

OPTIMIZATION OF LIFE CYCLE COST WITH FREQUENCY DRIVES

Alhola, Vesa

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Engineering

April 2018

Supervisor: Erola, Eero

Number of pages: 31

Appendices:

Keywords: install, electrical energy, frequency converters

In this thesis, an identified development potential was implemented to the process. Present process was adapted to utilize existing process piping and machine placement in a new way. As a result of this change, reduced energy consumption was noted.

In the thesis, frequency converters were used to solve the need to adapt the machine pulper's capacity due to the location of the winder in relation to the machine pulper and the waste pulper.

The capacity is altered by adjusting the speed of the pulper mixer rotor to the need and by controlling pulp pumping respectively with frequency converters.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TAAJUUSKÄYTÖT	7
2.1	Taajuusmuuttaja sovellukset.....	7
2.2	Taajuuskäyttöä soveltavat merkittävimmät toimialat	7
2.3	Taajuuskäytön sovellustavat	7
2.4	Kuormitustyypit	8
3	HYLYN KÄSITTELYPROSESSI.....	9
3.1	Porin kartonkitehtaan hylkykierto.....	9
3.2	Kartonkihylky	10
3.2.1	Pulpperoinnin vaativuus	11
3.3	Kehityspotentiaali	12
3.3.1	Kehityspotentiaalın erittely	12
3.3.2	Prosessikuvan muutoksen tavoite.....	12
3.3.3	Prosessikuvan muutos	13
3.4	Pulpperoıntıprosessi	14
3.5	Konepulpperin laitteiden toiminta ennen muutosta	15
3.6	Konepulpperin prosessikuvaus ennen muutosta	15
3.7	Ongelman kuvaus.....	16
4	TAKAISINMAKSULASKELMASTA	16
4.1	Otantaan perustuvat tehot	16
4.1.1	Konepulpperin sekoitin 2	17
4.1.2	Konepulpperin katkopumppu	17
4.2	Takaisinmaksun odote	17
5	KONEPULPPERIN MUKAUTUVUUDEN LISÄYS	18
5.1	Projektin esittely	18
5.1.1	Projektin aikataulu.....	18
5.2	Prosessikuvan muutokset	19
5.2.1	Sekoitus	20
5.2.2	Pumppaus	20
6	UUDET OHJAUSTAVAT.....	21
6.1	Konepulpperin sekoituksen uusi prosessikuvaus.....	21
6.2	Konepulpperin pumppauksen uusi prosessikuvaus	21
6.3	Tehovalinnan ohjauksen uusi toimintaselostus.....	22
6.4	Täyden tehon ajotila.....	23
6.5	Alennetun tehon ajotila	23
6.6	Automaatiojärjestelmä	24

6.7	Asennusten toteutus	24
6.8	Käyttöönotto	25
7	YHTEENVETO	25
7.1	Projektin toteutunut aikataulu	25
7.2	Saavutetut hyödyt.....	27
7.3	Riskit	27
7.4	Riskien hallinta	28
7.5	Takaisinmaksulaskelma sekä tulokset	28
	7.5.1 Konepulpperin katkopumppu	28
	7.5.2 Konepulpperin sekoitin 2	29
	7.5.3 Tulos	29
7.6	Loppupuhe	30
	LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Elinkaarikustannus muodostuu pääosassa pääoma-, operointi-, ominaisenergia, sekä huoltokustannuksista.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin ylemmän tason ohjausjärjestelmällä ohjattuja taajuuskäyttöjä elinkaarikustannuksen optimoinnissa.

Taajuuskäyttö on järjestely, jossa taajuusmuuttajan käyttämän oikosulkumoottorin avulla voidaan edullisesti muuttaa prosessin nopeutta. Tätä ominaisuutta hyödyntäen voidaan saavuttaa prosessin operointi-, ominaisenergia- ja huoltokustannusten alenema.

Ylemmän tason ohjausjärjestelmänä käytetään Honeywell TotalPlant Alcont automaatiojärjestelmää. Ohjaus huomioi tuotannon tilan ja ohjaa prosessilaitteiden toiminnan tarvetta vastaavaksi.

Säädettävyyttä hyödyntäen saadaan teollisuudessa energiataloudellisia ja teknillistä-loudellisia säästöjä elinkaarikustannuksessa. Säästöä tulee laitteiston kulumisen alenemasta, sekä sähköenergian käytön säästämisestä. Säädettävyydellä voidaan useasti saavuttaa elinkaarikustannuksen alenema.

Opinnäytetyössä Corenso United Oy Ltd:n kartonkitehtaalla Porin Aittaluodossa tunnistettiin säästöpotentiaali hyllyn käsittelyprosessissa. Esimerkkitapauksessa kar-toitettiin, miten kartonginvalmistuksessa käytettävän konepulpperin elinkaarikustan-nusta voitaisiin pienentää taajuuskäyttöillä. Potentiaalin tunnistus eteni selvitysvai-heeseen, jossa voitiin laskennallisesti todeta, että taajuuskäyttöjen asennus konepulp-perille toisi elinkaarikustannuksen alenemaa.

Säästölaskelmassa huomioitiin osin laskennallisesti, osin arvioiden vaikutus operoin-tiin, sekoittajan roottori- ja pumppaustehoon, sekä laitteiston mekaaniseen kulumaan.

Muita mahdollisia etuja ovat huuven toimintaa haittaavan konepulpperin tuottaman kosteuden väheneminen ja sen myötä mahdollisuus kehittää huuven ilmanvaihtoa.

2 TAAJUUSKÄYTÖT

2.1 Taajuusmuuttaja sovellukset

Taajuusmuuttaja hyödyntää puolijohdeteknologiaa, jota käyttäen sähkömoottorin, tavallisimmin vaihtosähkö oikosulkumoottorin, nopeutta voidaan muuttaa portaattomasti. Lisäksi taajuuskäytön kanssa voidaan käyttää ylemmän tason automaatiota ohjaamaan taajuusmuuttajan toimintaa.

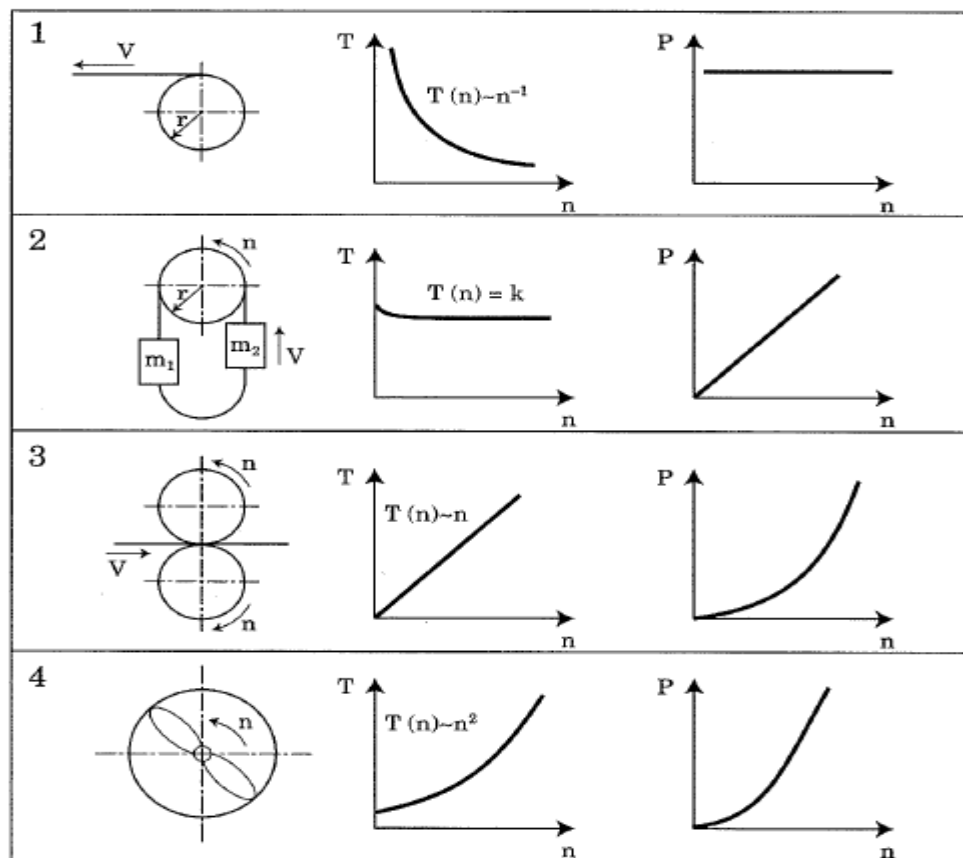
2.2 Taajuuskäyttöä soveltavat merkittävimmät toimialat

Taajuuskäyttöä hyödyntäviä tyypillisiä toimialoja ovat teollisuus, kiinteistöt, meriliikenne, satamaoperointi, raideliikenne, energian tuotanto, maatalous ja nykyisin myös kotitaloudet ja vapaa-aika.

2.3 Taajuuskäytön sovellustavat

Taajuuskäytön sovelluksia edellä mainituilla toimialoilla ovat pääsääntöisesti nopeuden säätö, momentin säätö, käynnistyksien ja pysäytyksien hallinta, sekä erityyppiset hyötyjarrutukset. Prosessisuureita ovat tällöin paine, virtaus, momentti, voima, nopeus ja niiden kautta kytkeytyvät prosessisuureet.

2.4 Kuormitustyyppit



Kuva1. Tyypillisiä kuormituskäyriä (Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista, Danfoss Drives A/S)

Ensimmäiseen (1) ryhmään kuuluvat koneet, joissa kelataan materiaalia vakiojännityksen alaisena. Tähän ryhmään kuuluvat myös esim. viilusorvit ja eräät muut lastuavat työstökoneet (Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista, Danfoss Drives A/S)

Ryhmään 2 kuuluvat hihnakuljettimet, nosturit, mäntäpumput ja eräät lastuavat työstökoneet. (Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista, Danfoss Drives A/S)

Ryhmään 3 kuuluvat valssaus- ja killotuskoneet ja muut materiaalien muokkauksessa käytettävät laitteet. (Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista, Danfoss Drives A/S)

Ryhmässä 4 on keskipakovoimaa hyödyntävät koneet kuten lingot, keskipakopumput ja -puhaltimet. (Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista, Danfoss Drives A/S)

Opinnäytetyössä hyödynnetään tietoutta ryhmän 4 mukaisesta kuormituksen käyttäytymisestä.

3 HYLYN KÄSITTELYPROSESSI

3.1 Porin kartonkitehtaan hylkykierto



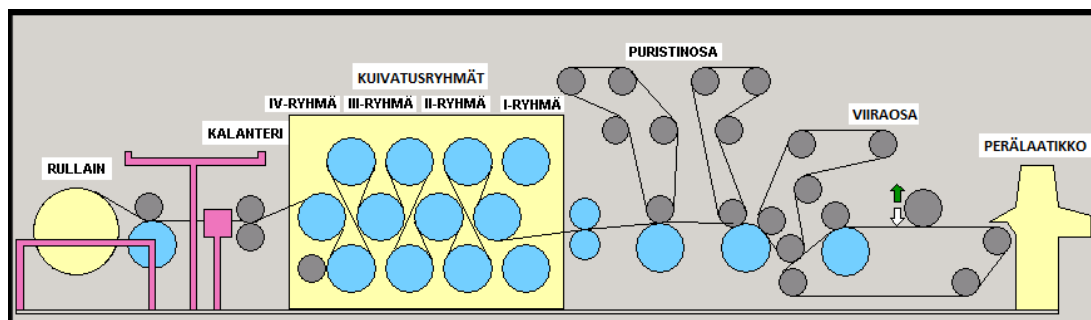
Kuva 2. Ilmakuva Porin kartonkitehtaasta

Corenso United Oy Ltd Porin kartonkitehdas tuottaa korkealaatuista hylsykartonkia tuotannon vaatimukseen uudistetulla Paperikone 4:lla.

Kartonki tuotteena asettaa paperin valmistuksesta poikkeavia vaatimuksia prosessille. Hylkyjärjestelmä ei muodosta poikkeusta.

Hylkyjärjestelmä käsittelee tuotannon eri vaiheissa syntyvää tuotantohylkyä palauttaen sen tuotannon raaka-aineeksi.

3.2 Kartonkihylky



Kuva 3. Kartonkikoneen periaatekuva

Hylkyä muodostuu tuotannon eri osilla. Hylkyä syntyy viiralla, kuivatusosalla katkoina, kalanterikatkoissa, rullainkatkoissa, konerullien pohjissa, pituusleikkurin reunanauhoista, sekä leikkurikatkoissa.

Viiraosan hylky syntyy märkätuotantona tuotantoa käynnistettäessä ja tuotantohäiriöissä. Tuotannon aikainen märkätuotantohylky on perälaatikon tuotannon reunanrajaussuihkujen leikkaamaa ohutta nauhaa. Edellä mainittu hylky käsitellään viirapulperissa, joka sijaitsee kartonkikoneen niin sanotussa 'märässä päässä'.

Kuivatusosalla syntyvä hylky muodostuu ratakatkoista. Kuivatusosan hyllylle ei ole paperikoneista poiketen käsittelyjärjestelmää vaan hylky kerätään operaattoreiden toimesta uusiokäyttöön. Määrä ei ole yleensä merkittävä, joten kuljetinjärjestelmän rakentaminen ei ole tarpeellista.

Kalanterin katkoista tuleva hylky syntyy rullaimen ja kuivatusosan välissä ja pystytään ohjaamaan konepulppiin radankatkaisulaitteen avulla, joka on kuivatusosan ulostuloaukon tuntumassa.

Konerullaimen hylky syntyy tuotannon aloituksessa ja konerullan vaihdon epäonnistuessa. Tuotantoa aloitettaessa konepulppi käy täydellä teholla kunnes pituusleik-

kauskelpoinen laatu on saavutettu. Konerullan vaihdon epäonnistuessa konepulpperi toimii kartonkikoneen tuotantokapasiteettia vastaavalla teholla kunnes rullainhäiriö on palautettu normaaliin tuotantotilaan.

Konerullan pohja on konerullan raudan päälle muodostuva laadullisesti huono tuotekerros. Kerrokset eivät ole asiakaskelpoisia ja nämä kerrokset palautetaan hylkyjärjestelmään konepulpperia hyödyntäen.

Pituusleikkuri tuottaa hylkyä reunanauhoina. Konerulla leikataan asiakkaan tilausta vastaavaksi. Konerullasta tulee näin muutto. Muuton uloimmat reunat viimeistellään leikkaamalla konerullan uloimmat reunat pois.

Pituusleikkauksessa syntyy hylkyä reunanauhojen lisäksi myös pituusleikkurin ratakatkoina. Ratakatkot pituusleikkurilla ovat tavanomaisia. Vajaat asiakasrullat päätyvät kokonsa perusteella joko hylkypulpperiin, tai konepulpperiin. Myyntikelvoton konerullan jäännös palautetaan konepulpperiin pituusleikkurin aukirullaimelta.

Laatuhylky on leikattu asiakkaan vaatimusten mukaiseksi, mutta on laadun valvonnassa todettu laadultaan taikka mitoiltaan poikkeavaksi. Laatuhylky palautetaan raaka-aineeksi hylkypulpperin kautta.

3.2.1 Pulpperoinnin vaativuus

Kartonkihylky on paperin valmistuksessa syntyvästä hylystä poiketen mekaanisesti haastavaa pulpperoitavaa. Konepulpperissa tapahtuva tuotantotehoinen pulpperointi edellyttää pulpperin lyhyen kierron hyödyntämistä tuottamaan riittävä mekaaninen voima painamaan hylky konepulpperiin.

Konepulpperi on sijoitettu kuivatusosan jatkeelle kalanterin ja konerullaimen yhteyteen käsittelemään päänviennin ja konerullaimen häiriöiden tuottamaa hylkyä, sekä pituusleikkurilla jääviä konerullan jäännöspohjia. Hylkypulpperi on sijoitettu erilleen käsittelemään pituusleikkurilla tuotettua hylkyksi päätyvää tuotantoa, reunanauhoja, sekä pölynpoistojärjestelmän keräämää kartonkilähtöistä pölyä.

Hylkypulpperi on pienitehoinen, mutta konepulpperi vastaa teholtaan kartonkikoneen täyttä tuotantotehoa. Konepulpperia käytetään täydellä tuotantoteholla noin 20 tonnia tuntia kohden, mutta kapasiteettia hyödynnetään vain noin 0,2 tonnia tuntia kohden häiriöttömässä tuotannossa.

3.3 Kehityspotentiaali

Konepulpperiin liittyvän pumppauksen ja sekoituksen energian tarve, sekä tekninen kuluma eivät vastaa häiriöttömän tuotannon aikaista käyttöastetta. Havaintojen ja kokemusten mukaan energian käyttö ja tekninen kuluma eivät poikkea täydestä tuotantotehosta merkittävästi. Prosessikuvaa tulee muuttaa korjaamaan havaittu epäkohta. Epäkohta johtuu prosessin sijoitteluun vaikuttavista prosessiteknisistä reunaehdoista.

3.3.1 Kehityspotentiaalın erittely

Konepulpperilta edellytetään kykyä käsitellä kartonkikoneen koko tuotantokapasiteetti. Tarve on lyhytaikainen. Tarve tulee tuotannon aloituksesta syntyvästä hylystä. Tällöin koko kartonkikoneen tuotanto menee konepulpperiin ja konepulpperin tulee tällöin toimia täydellä kapasiteetilla. Muina aikoina konepulpperi voisi toimia pienemmällä teholla.

3.3.2 Prosessikuvan muutoksen tavoite

Konepulpperin kapasiteetti tulee voida sopeuttaa vastaamaan häiriöttömän tuotantolanteen tuottamaa kuormaa. Tavoite toteutuu alentamalla konepulpperin kapasiteettia häiriötöntä tuotantotehoa vastaavaksi. Muutoksen mahdollistaa taajuuskäyttöjen asentaminen konepulpperin sekoittimille ja pumpulle.

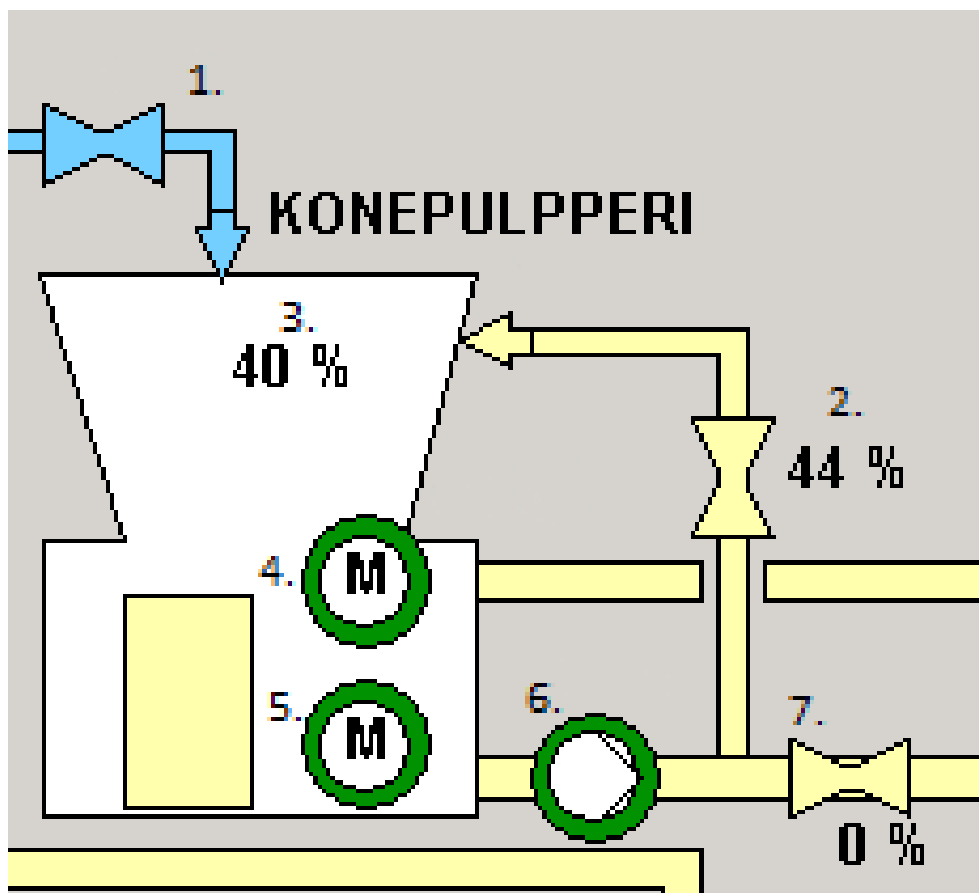
3.3.3 Prosessikuvan muutos

Prosessikuvan tulee toteuttaa konepulpperin kapasiteetin muutos häiriöttömän ja häiriötilan mukaiseksi prosessista automaatiojärjestelmän avulla muodostetun tiedon perusteella automaattisesti.

Häiriöttömän tuotannon aikainen kuorma muodostuu konerullan pituusleikkauksen päättyessä konerullan pohjan palauttamisesta raaka-aineeksi hylkyjärjestelmän avulla. Konepulpperin kuorma on tällöin arviolta 0,2 t/h. Tuotantohäiriössä konepulpperin tulee vastata kapasiteetiltaan arviolta 20 t/h tuotantotehoa. Konepulpperin kapasiteetti vastaa häiriötilanteessa kartonkikoneen tuotantoa.

Konepulpperin kapasiteetin muutos voidaan toteuttaa alentamalla roottori- ja pumpaustehoa taajuuskäyttöä hyödyntäen. Näihin muutoksiin tulee liittää asianmukaiset virtaus- ja ohjausmuutokset.

3.4 Pulpperointiprosessi



Kuva 4. Konepulpperi Alcont TP operointinäkyessä ennen muutosta

Konepulpperin toimilaitteet.

1. Katkovesiventtiili FFIC-6102
2. Lyhyenkierron venttiili PIC-6103
3. Konepulpperin pinta LICA-6100
4. Sekoitin 2 62F43-2 160kW
5. Sekoitin 1 62F43-1 160kW
6. Katkopumppu 62B43 75kW
7. Pinnansäätöventtiili LV-6100

3.5 Konepulpperin laitteiden toiminta ennen muutosta

Sekoittimet Sekoitin 1 62F43-1, kuvaviite 4. ja Sekoitin 2 62F43-2, kuvaviite 5. toimivat nimellismopeudella.

Katkopumppu 62B43, kuvaviite 6. toimi nimellismopeudella.

Pinnansäätöventtiili LV-6100, kuvaviite 7. toiminta pintasäätöventtiilinä pintasäätäjän LICA-6100 asetuksen mukaisesti.

Lyhyenkierron venttiili PIC-6103, kuvaviite 2. aukaisu kiinteällä käsiasetuksella kokemusperäisesti siten, että katkopumpun kapasiteetti riittää myös poistamaan pintasäätöventtiilin LV-6100 kautta konepulpperista riittävän määrän massaa pintasäätäjän mukaisesti.

Katkovesiventtiili FFIC-6102, kuvaviite 1. toiminta katkotilanteessa esiasetuksella. Katkovesiventtiilin virtausasetus on kokemusperäisesti asetettu vastaamaan laimennustarvetta konepulpperissa. Laimennustarve ei perustu tuotantoperusteiseen sakeuslaskentaan, koska sakeusperusteinen laimennus ei pysty vastaamaan tuotantotehoisen radan hajoitustarpeeseen.

3.6 Konepulpperin prosessikuvaus ennen muutosta

Sekoittimet pyörivät nimellismopeudella. Pinnansäätöventtiili ohjasi pulpperista tarvittavan virtauksen hylkyjärjestelmään. Lyhyenkierron venttiili asetettiin vastaamaan aukaisua, joka ei alentanut pintasäätöventtiilin kapasiteettia liiaksi, mutta riitti tuottamaan tarvittavan virtauksen lyhyeen kiertoon radan hajotuksen tarpeisiin. Katkotilanteessa katkovesiventtiili laimensi massaa edelleen esiasetuksella vastaamaan tuotantotehoista laimennustarvetta. Konerullien pohjien käsittelyssä pohjat saatettiin pulpperiin luiskaveden avustamana, mikä toteutti samalla massan laimentamista pumppauskelpoiseksi.

3.7 Ongelman kuvaus

Konepulpperi ja siihen liittyvät prosessilaitteet toimivat täydellä teholla tuotantotilanteesta riippumatta.

Pumppaus tuotti painetta pinnansäätöventtiiliä vasten kuluttaen venttiiliä ja käyttäen energiaa pintasäätöventtiilin purkamaan paineenalaiseen massaan.

Pumppaus käytti energiaa myös paineistaakseen massaa purettavaksi lyhyeen kiertoon ilman tuotantotilanteen edellyttämää tarvetta.

Virtausta jakaville venttiileille on tuotettava riittävä paine-ero virtauksen säädön tarpeisiin.

Sekoittimien toiminta käyttää energiaa hajottaakseen kiinteän kartongin, mutta energian käyttö vastasi täyttä kapasiteettia, joka ei ollut tarkoituksenmukaista.

4 TAKAISINMAKSULASKELMASTA

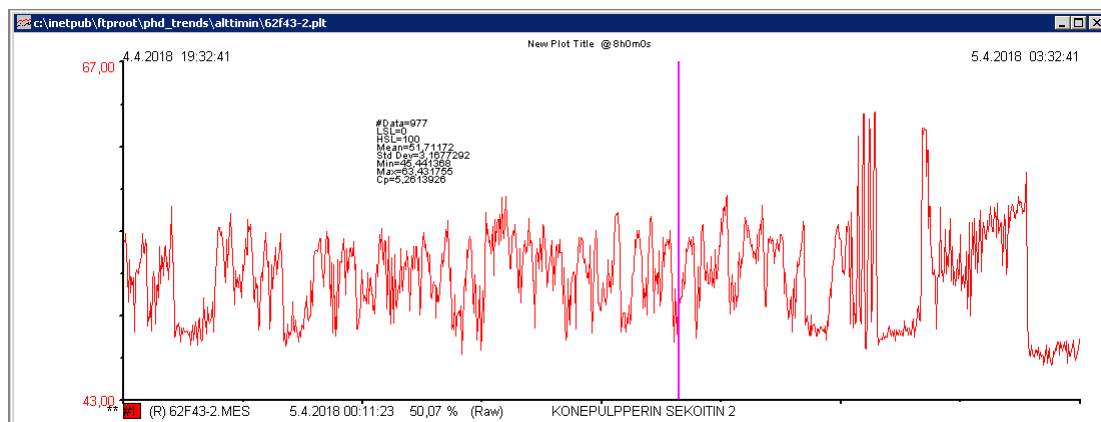
Kulutuskohdeet toimivat vakaissa olosuhteissa, jolloin takaisinmaksun perusteena hyväksyttiin käytettäväksi sähkömoottorien nimellisvirtojen otantaan perustuva tehoarvio. Laskuissa on käytetty automaatiojärjestelmän laskemaa ”mean” lukemaa, joka on kuormituksen keskiarvo otannasta prosenttiyksiköitä.

4.1 Otantaan perustuvat tehot

Alla olevissa laskuissa on arvio vuotuisesta sähköenergian kustannuksesta kun konepulpperin sekoitin 2 ja katkopumppu toimivat nimellisnopeudella suoralla sähkökäytöllä. Tuloksia käytetään takaisinmaksulaskelman tuloksissa. Vuotuisena käyntiaikana on käytetty 8500 tuntia, Sähköenergian hintana 60€/MWh.

4.1.1 Konepulpperin sekoitin 2

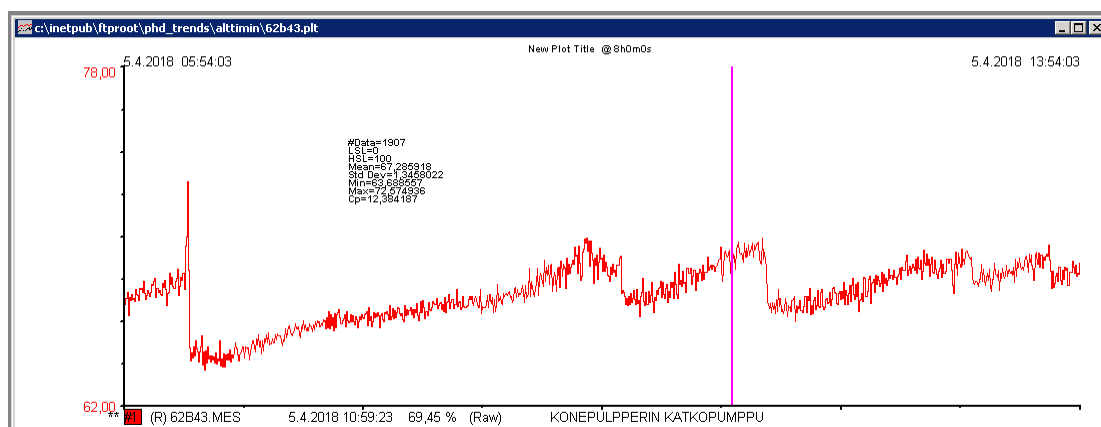
$$8500\text{h/a} * 0,081\text{MW} * 60\text{€/MWh} = 41310\text{€/a}$$



Kuva 5. Konepulpperin sekoitin 2 kuormituskäyrä nimellisnopeudella.

4.1.2 Konepulpperin katkopumppu

$$8500\text{h/a} * 0,052\text{MW} * 60\text{€/MWh} = 26520\text{€/a}$$



Kuva6. Konepulpperin katkopumpun kuormituskäyrä nimellisnopeudella.

4.2 Takaisinmaksun odote

Sovellusta konepulpperin käytölle pyritään optimoimaan siten, että laitteita ei käytettäisi turhaan. Nopeuden alentaminen laskisi kuormitusta huomattavasti. Yhden sekoittajan ja katkopumpun muutos taajuuskäytölle pudottaisi vuotuista sähkökustannusta noin 34000€, kun kuormitus laskisi puoleen.

5 KONEPULPPERIN MUKAUTUVUUDEN LISÄYS

5.1 Projektin esittely

Kehityspotentiaali tunnistettiin yhteistyössä tuotannon operoinnista ja kunnossapidon toiminnasta vastaavien organisaatioiden henkilöstön havaintojen ja kokemuksen perusteella.

Havaintojen ja kokemusten viemistä toteutusasteelle voitiin perustella energiatehokkuudella ja kunnossapitokustannusten arvioidulla alenemalla. Myös taajuusmuuttajien edullinen hankintahinta vaikutti projektin aloittamiseen.

Projekti päätettiin toteuttaa kustannusarvioon perustuvan takaisinmaksulaskennan perusteella.

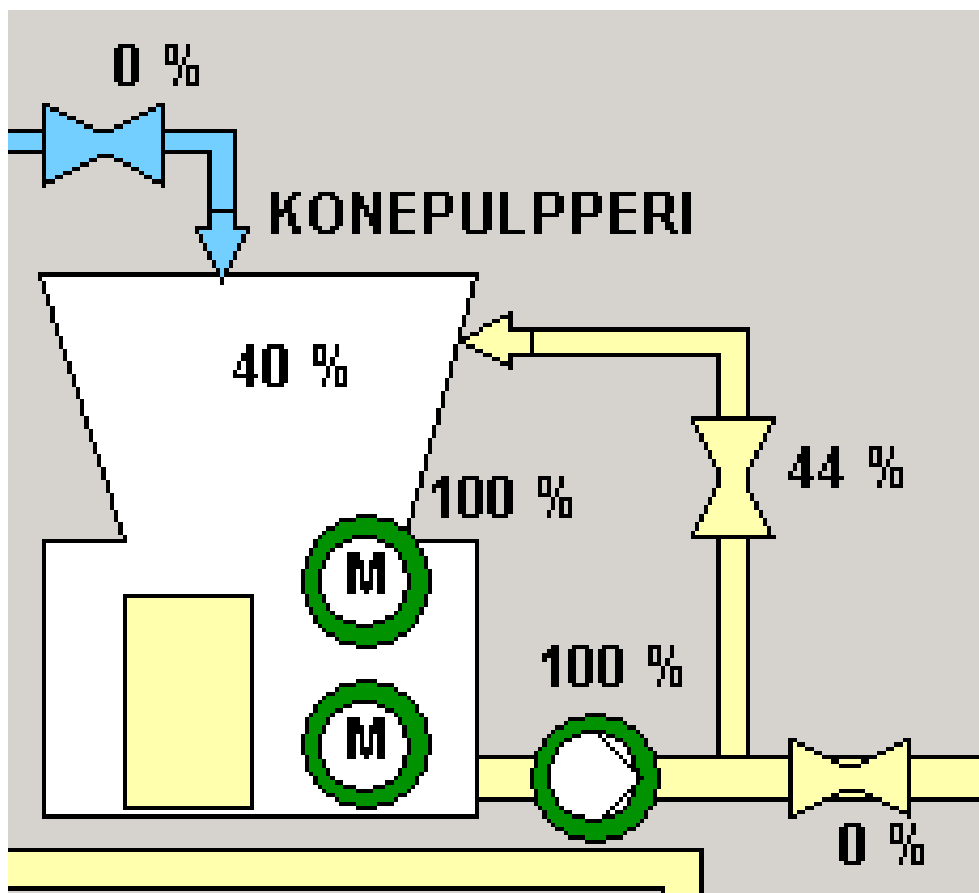
Projekti aloitettiin allekirjoittamalla sopimus opinnäytetyön suorittamisesta Corenso United Oyj Ltd Porin kartonkitehtaalle.

5.1.1 Projektin aikataulu

Projektin kuvaus, suunnitelmat ja hankinnat tuli toteuttaa siten, että projekti toteutettaisiin Juhannusseisokissa 2017.

Katkopumpulle käytettiin olemassa olevaa taajuusmuuttajaa. Toiselle sekoittimelle hankittiin tarjouskyselyn perusteella uusi taajuusmuuttaja.

5.2 Prosessikuvan muutokset



Kuva 7. Konepulpperi Alcont TP asetussivulla muutoksen jälkeen

Konepulpperin toiminnalliset osat ovat sekoitus, pumppaus ja laimennus. Aputoimintoina voidaan pitää lyhyttä kiertoa ja konepulpperin suuaukon pudotusluiskan huuhtelua.

Kehittämispotentiaalin mukaisesti sekoitus ja pumppaustehosta tehtiin kapasiteetiltaan tuotantotilanteeseen mukautuva.

5.2.1 Sekoitus

Sekoittimen muutokselle tunnistettiin kaksi toteutustapaa. Molempien sekoittimien nopeus voidaan alentaa, tai toinen sekoittajista pysäyttää.

Ratkaisun kompromissina pidettiin vain toisen sekoittimen nopeuden alentamista, tai pysäyttämistä. Sekoittimen nopeuden muutos koettiin riskialttiiksi kokemusperäisten jumiutumistilanteiden perusteella, jolloin projekti päätettiin rakentaa kaksivaiheiseksi ja vain yhden sekoittimen nopeutta alentaa. Tällöin riskinä oli vain yhden taajuuskäytön hankinta ja asennus. Toisen sekoittimen nopeuden muutoksesta tehtiin optio.

5.2.2 Pumppaus

Pumppauksen muutos edellytti ajotilan tunnistamista ja muutosta ajotila perusteiseksi, sekä lisäämällä vaihtoehtoinen ajotila. Alkuperäisessä ajotilassa pumppu toimi nimellismopeudella ja pintasäätäjä sääti konepulpperin pintaa pintasäätöventtiilin avulla.

Uudessa ajotilassa pintasäätäjä säättää pintaa pumpun nopeuden avulla pintasäätöventtiilin toimiessa starttiventtiilinä lyhyenkierron venttiilin ollessa suljettuna. Uudessa ajotilassa pumppausenergia ja kuluma minimoituvat. Tällöin lyhyttä kiertoa ei voida kuitenkaan käyttää tuotantotohoisen kartonkiradan hajottamiseen, jolloin ajotilojen on vaihduttava automaattisesti tuotantotilanteesta riippuen.

6 UUDET OHJAUSTAVAT

Ohjauksen tuli toteuttaa yksittäisiltä laitteilta edellytetty uusi toimintakuva. Sekoitusteho ei edellytä ajotilan tarkastelua, sillä sekoitustehoa muutetaan tarvetta vastaavaksi taajuuskäyttöä hyödyntäen nopeutta muuttamalla. Sen sijaan pumppaukseen edellytettiin ajotilan tarkastelua.

Täydellä pulpperointikapasiteetilla pumppauksen tulee tuottaa riittävä poistovirtaus konepulpperista ja riittävä lyhyenkierron virtaus tehostamaan raaka-aineen pulpperointia. Osateholla pulperoitessa lyhyenkierron virtauksen ja painetuoton tarve poistuu pumppauksesta, jolloin pumppau스테hoa ei tarvita lyhyenkierron linjaan. Pumppaukselta edellytetään tällöin ainoastaan kyky tuottaa riittävä massavirtaus poistamaan massaa konepulpperista. Taajuuskäyttöä hyödyntäen pumppu toimii tällöin pintasäätäjän toimilaitteena käyttäen vain minimimäärän energiaa.

6.1 Konepulpperin sekoituksen uusi prosessikuvaus

Sekoitin 1 62F43-1 ohjataan automaatiojärjestelmästä operaattorin toimesta suoralla sähkökäytöllä käyntiin ilman muutoksia.

Sekoitin 2 62F43-2 ohjataan käyntiin operaattorin toimesta automaatiojärjestelmästä. Nopeus ohjataan 100 %:n nopeuteen konepulpperin toimiessa täydellä teholla. Osateholla toimiessa sekoittimen nopeus alennetaan esiaseteltuun nopeuteen. Taajuusmuuttajalle asetettiin 20Hz minimitaajuus. 17 %:n ohjaus tarkoittaa puolta nopeutta minitaajuusasetuksen johdosta.

6.2 Konepulpperin pumppauksen uusi prosessikuvaus

Katkopumppu 62B43 ohjataan 100 %:n nopeuteen konepulpperin toimiessa täydellä teholla. Konepulpperin toimiessa osateholla pumpun nopeus saa asetusarvon pintasäätäjältä LICA-6100:a.

Pinnansäätöventtiili LV-6100 saa asetusarvonsa pintasäätäjältä konepulpperin toimiessa täydellä teholla. Konepulpperin toimiessa osateholla pintasäätöventtiili ohjataan täysin auki pumpun 62B43 ollessa käynti tilassa.

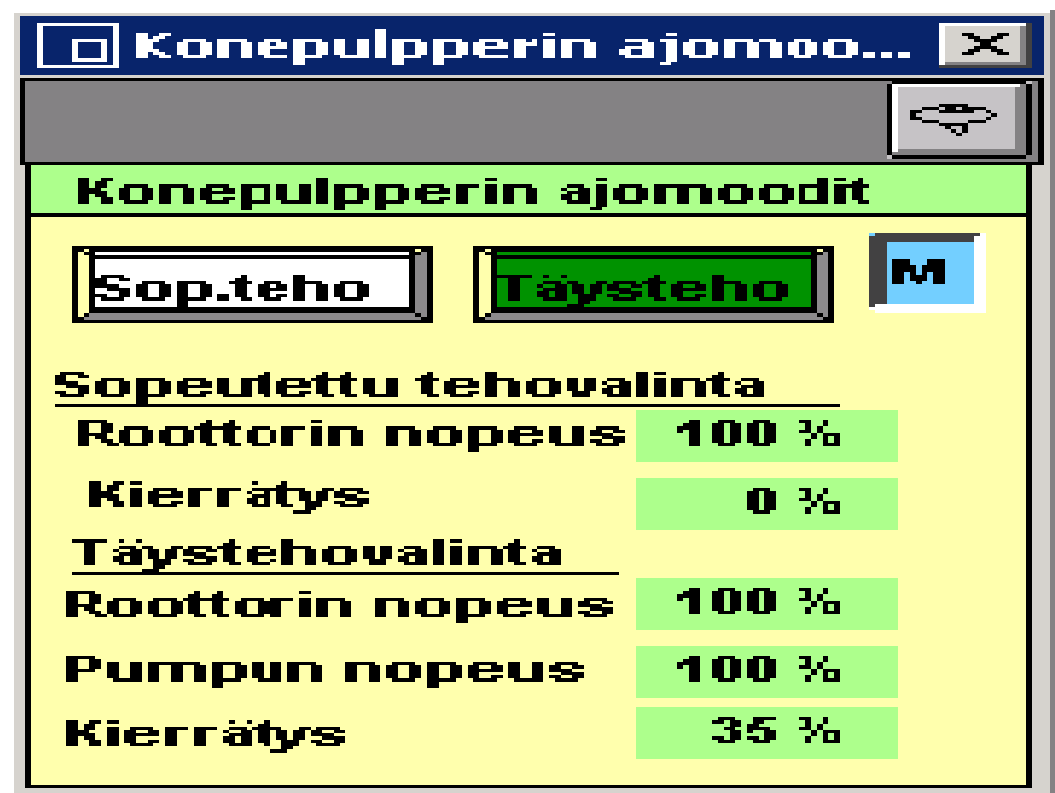
Lyhyenkierron venttiili PIC-6103 ohjataan esiaseteltuun aukaisuun konepulpperin toimiessa täydellä teholla. Konepulpperin toimiessa osateholla venttiili suljetaan.

6.3 Tehovalinnan ohjauksen uusi toimintaselostus

Konepulpperi varustetaan automaattisella ajotilan ohjauksella, jota operoidaan operointipäätteeltä. Tehovalinta pystytään myös asettamaan manuaalitilaan. Tehovalinta toteutetaan operointipääteen operointinäkymään hylkyjärjestelmän asetussivulle. Valinnat ovat sopeutettu teho ja täysteho. Valinnan ollessa manuaalitilassa, operattori voi välittömästi muuttaa konepulpperin tehoa sopeutetulta teholta täydelle teholle ja toisinpäin.

Valinnan ollessa automaattitilassa, sopeutetulle teholle siirtyminen tapahtuu 2 tunnin viiveen jälkeen. Ratakatkotiedon tai katkovesivalinnan aktivoituessa konepulpperi siirtyy välittömästi täyden tehon ajotilaan. Ratakatkotiedon ja katkovesivalinnan poistuessa konepulpperi siirtyy 2 tunnin viiveellä sopeutetun tehon ajotilaan. Konepulpperi varustetaan poikkeamatilanteiden varalta kenttäpainikkeella, jota painettaessa konepulpperi siirtyy täydelle teholle välittömästi.

Täysi teho havainnollistetaan merkkivalolla 15 minuutin ajan ja tämän jälkeen konepulpperi käy täydellä teholla 2 tuntia. Toiminnan tarkoitus on havainnollistaa operaattorille, että merkkivalon palaessa konepulpperia voidaan kuormittaa poikkeavilla erillä ja konepulpperi käy 2 tuntia täydellä teholla. Tämän ajan aikana konepulpperi pulpperoi kiinteän raaka-aineen massaksi ja palauttaa massaa takaisin kartonkikoneen käytettäväksi.



Kuva7. Konepulpperin tehovalinnat Alcont TP operointisivulla

6.4 Täyden tehon ajotila

Pulpperin operointialueelle asennettiin painike, josta täysi teho voidaan kytkeä päälle määrättyksi ajaksi. Täyden tehon ajotilassa pulpperin sekoittajat ja pinnansäätöpumppu kiihdyttävät täyteen kierrosnopeuteen ja pinnansäätöventtiili alkaa ohjata pulpperin pintaa. Lyhyenkierron venttiili avautuu, jotta pinnansäätöpumppu ei kävisi täydellä teholla kiinni olevia venttiiliä vasten, jos pintaa ei tarvitse säätää. Pulpperin pinnantaso on erikseen säädettävissä käyttäjän toimesta operointitietokoneelta. Täydellä teholla konepulperiin ajetaan myös vettä katkovesiventtiili FFIC-6012:n kautta massan laimentamiseksi ja täyden tehon sekoitus on tärkeää tässä vaiheessa, että massasta saadaan tehokkaasti tasalaatuista.

6.5 Alennetun tehon ajotila

Konepulpperin alennetun tehon ajotilassa konepulpperin sekoittajan ja katkopumpun toimintatapaa vaihdetaan energiatehokkaaksi ja laitteistoa säästäväksi. Sopeutettua

ajotilaa käytetään silloin, kun pulpperiin ei ajeta kartonkia ja tuotantotilanteessa ei tapahdu poikkeuksia. Sopeutetussa tilassa sekoittaja 2 nopeus tiputetaan puoleen. Sopeutettuun tilaan vaihtuminen tapahtuu automaattisesti kahden tunnin täydellä teholla käymisen jälkeen. Käyttäjä voi myös itse käsisäätöisesti asettaa pulpperin sopeutetun tehon ajotilaan operointitietokoneelta kuvan 7. asetusikkunasta.

6.6 Automaatiojärjestelmä

Corenso:n kartonkitehtaalla käytetään Honeywell Alcont Totalplant automaatiojärjestelmää prosessin ylläpitämiseen ja säätämiseen. Projektissa käytettiin tätä järjestelmää ohjaamaan konepulpperin toimintaa.

6.7 Asennusten toteutus

Taajuusmuuttajat liitettiin automaatiojärjestelmään I/O-ohjausperiaatetta käyttäen. Ohjauksessa voitiin osin hyödyntää olemassa olevia kaapelointeja. Analogiaviestejä varten asennettiin yrityksen vaatimuksien mukaan häiriösuojattu kaapeli.

Pääpiirit toteutettiin erottamalla kaapeli syöttävästä keskuksesta. Taajuusmuuttajien toimittajan suosituksen mukainen kaapelin asennettiin sähköautomaatiotilan seinälle asennettaviin taajuusmuuttajiin. Vapautuneiden sähkölähtöjen ja taajuusmuuttajien välille asennettiin syöttävät kaapelit taajuusmuuttajien valmistajan vaatimuksien mukaan.

6.8 Käyttöönotto

Asennusten ja ohjaussovelluksen toteutuksessa, sekä käyttöönotossa piti varmistaa tuotannon häiriötön toiminta. Tällöin asennuksissa ja sovellussuunnittelussa on oltava toiminnalliset tasot. Vaatimuksena oli, että perustasoa käyttäen prosessin toiminta voidaan operaattorin toimesta varmistaa. Edellä kuvattu tarkoittaa, että operaattorin on kyettävä käyttämään yksittäisiä laitteita ilman ylemmän tason automaation apua, mikäli ylempi taso ei tähän kykene esimerkiksi virhetilanteen takia.

7 YHTEENVETO

7.1 Projektin toteutunut aikataulu

Projekti aloitettiin allekirjoittamalla sopimus opinnäytetyön suorittamisesta Corenso United Oy Ltd, Porin kartonkitehtaalle 31.3.2017

Pumppaukseen käytettiin olemassa olevaa taajuusmuuttajaa. Sekoittimelle hankittiin taajuusmuuttajatarjous 3.4.2017

Taajuusmuuttajatarjouksen mukainen hankintalupa 3.4.2017

Taajuusmuuttajatarjous tehtiin 26.4.2017

Automaatiosovellus toimeksianto 31.5.2017

Toimeksianto teknisestä suunnittelusta tehtiin 12.6.2017

Asennushankinnat 15.6.2017

Automaatiokenttäasennukset 19.6.2017

Taajuusmuuttaja-asennukset Juhannusseisokissa 2017

Taajuusmuuttajien käyttöönotto vesikoeajolla tilapäisellä ohjauksella Juhannusseisokissa 2017

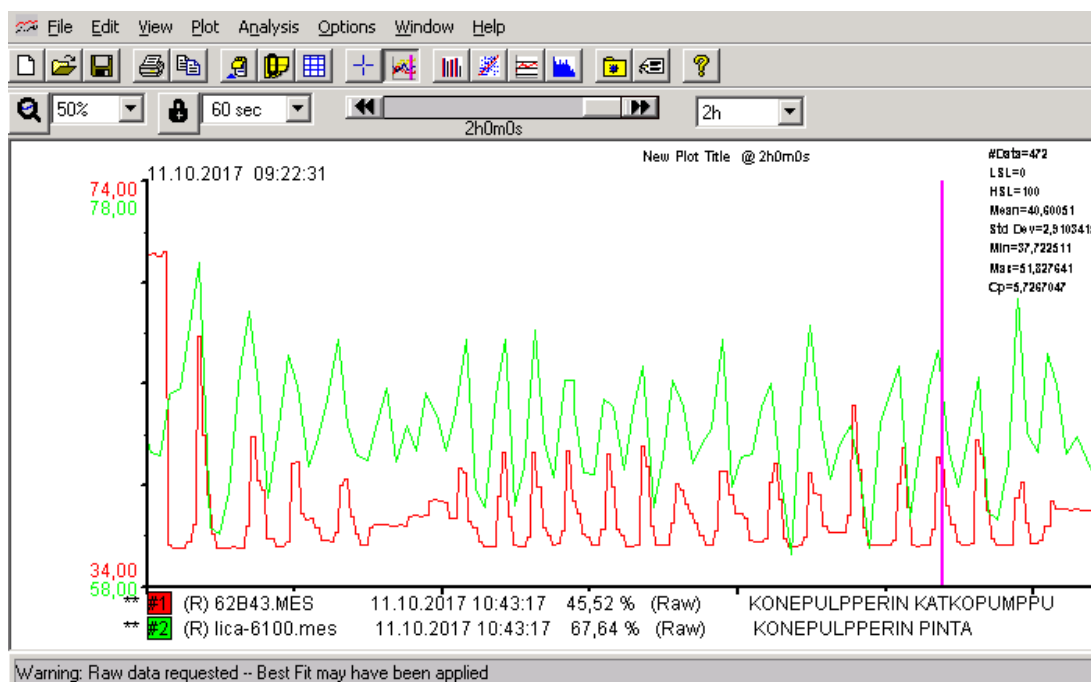
Taajuusmuuttajien tuotannollinen käyttöönotto tilapäisellä ohjauksella Juhannusseisokin jälkeisessä startissa 26.6.2017

Automaatiosovelluksen jatkokehitys elo- syyskuu 2017

Tuotannolliset testaukset loka- marraskuu 2017

7.2 Saavutetut hyödyt

Sopeutetun tehon ajotila ennustetusti alkoi käydä pienemmällä kuormalla käyttöön-oton jälkeen.



Kuva8. Honeywell Allcont TotalPlant Trendisivu

Trendissä näkyy konepulpperin pinnantaso ja konepulpperin katkopumpun kuormitus prosentteina, kun konepulpperin katkopumppu on alennetun tehon ajotilassa. Trendistä näkee, kuinka pinnantason noustessa myös moottorin kuormitus nousee hetkellisesti. Tällöin katkopumppu kiihdyttää säätäessään konepulpperin pintaa alaspäin. Nimellisvirtaan perustuvan kuormituksen keskiarvo on noin 30 % pienempi verrattuna suoraan sähkökäyttöön ilman sopeutettua ajotilaa.

7.3 Riskit

Taajuuskäyttö muodostaa laajan teknisen kokonaisuuden, joka kokemukseräisesti alentaa käyttövarmuuskerrointa verrattuna suoraan sähkökäyttöön. Käyttövarmuuskertoimen alenemasta ei ole käytettävissä luotettavaa tilastotietoa.

7.4 Riskien hallinta

Taajuuskäyttöjä tulee huoltaa ensisijaisesti laitetoimittajan huolto-ohjeita noudattaen.

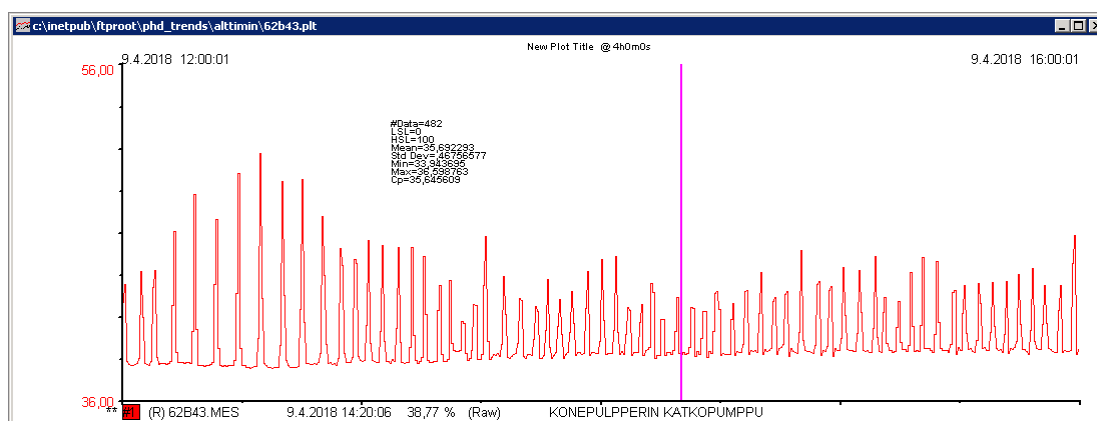
- Laitetuulettimien huoltojakso tyypillisesti 5 vuotta
- Välipiirin elektrolyyttikondensaattorien vaihtoväli 10 vuotta
- Välipiirin muovikondensaattorien käyttöaikaa ei rajoitettu

7.5 Takaisinmaksulaskelma sekä tulokset

Tuloksina voidaan pitää alentunutta energian kulutusta ja laitteiston alentunutta mekaanista kulumista. Muina hyötyinä voidaan pitää alentunutta kunnossapitokustannusta, voimansiirron komponenttien alentunutta kulumaa sekä työympäristön parantumista vaimentuneen tärinän johdosta.

Trendistä voidaan todeta, että sopeutetussa ajotilassa konepulpperin katkopumpun energiankulutus on tippunut noin 30 %:a. Sekoitin 2 nopeuden tiputus puoleen on vastaavasti pudottanut noin 15 %:a kuormitusta. Laskuissa on käytetty trendin laskemaa ”mean” lukemaa, joka on kuormituksen keskiarvo prosenttiyksiköitä.

7.5.1 Konepulpperin katkopumppu



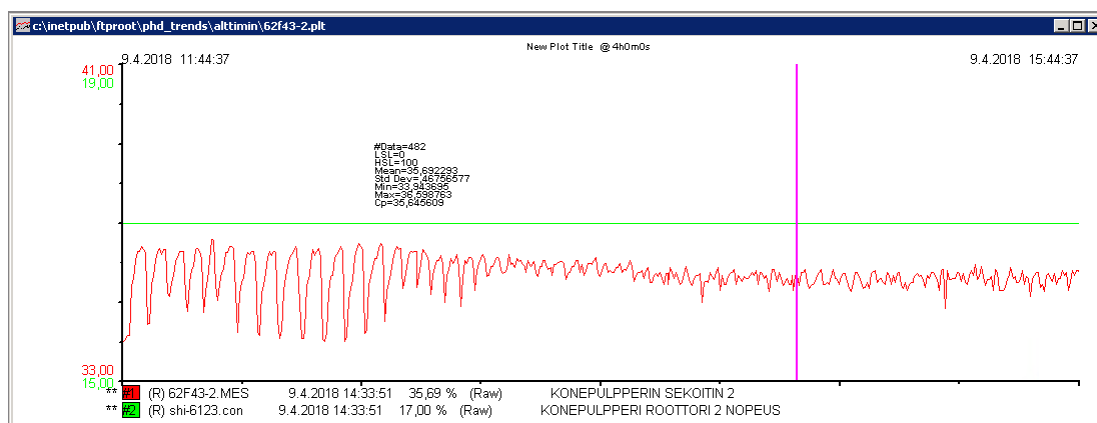
Kuva9. Konepulpperin katkopumpun kuormituskäyrä alennetulla teholla.

$$8500\text{h/a} * 0,026\text{MW} * 60\text{€/MWh} = 13260\text{€/a}$$

Katkopumpun sopeutettu ajotila säästää noin 13260€ vuodessa sähköenergian kustannuksessa.

Pelkkä konepulpperin katkopumpun muutos taajuuskäytölle riittää säästämään projektista aiheutuneet kustannukset alle vuodessa.

7.5.2 Konepulpperin sekoitin 2



Kuva10. Konepulpperin sekoitin 2 kuormituskäyrä puolella nopeudella.

Konepulpperin sekoitin 2:en nopeuden laskeminen alensi kuormitusta noin 15 %, kun nopeutta alennettiin 50 %:ia.

$$8500\text{h/a} * 0,054\text{MW} * 60\text{€/MWh} = 27570\text{€/a}$$

50 %:n nopeuden alentaminen säästää noin 13740€ vuodessa sähköenergian kustannuksessa

7.5.3 Tulos

Konepulpperin katkopumpun, sekä konepulpperin sekoittaja 2:n muutos taajuuskäyttöiseksi uuden automaatiosovelluksen kanssa säästää vuotuisesti noin 27000€ sähköenergian kustannuksessa. Sovelluksen lisäkehittämisellä voitaisiin saada vielä hieman parempi säästö energian kustannuksessa. Näitä kehityksiä olisi esimerkiksi konepulpperin pinnansäädön optimointi.

7.6 Loppupuhe

Opinnäytetyö opetti minulle monta uutta asiaa prosessitekniikasta, energiatehokkaasta ajotavasta, sekä yleispäteviä asioita sähkö- ja automaatiotekniikasta. Tietoutta energiatehokkuudesta voi hyödyntää moneen eri kohteeseen monessa eri paikassa.

Haluan kiittää Corenso Oyj Ltd. Porin kartonkitehdasta, joka hyväksyi opinnäytetyön toteutettavaksi. Kiitän myös Eero Erolaa, joka on toiminut opinnäytetyöni ohjaajana tehtaalla.

LÄHTEET

Corenso United Oy Ltd. Porin kartonkitehdas, mekaanisen- ja sähköautomaatio kunnossapidon edustus

Tietämisen arvoista asiaa taajuusmuuttajista, Danfoss Drives A/S 2000

ABB Taajuusmuuttajat <http://new.abb.com/drives/fi/toimialat>

Danfoss Taajuusmuuttajat <http://drives.danfoss.fi/industries/#/>

Wikipediasivu taajuusmuuttajasta <https://fi.wikipedia.org/wiki/Taajuusmuuttaja>

